

# 中高生を対象としたテニスのアナリスト育成のための実践的研究 —アプリケーションを用いた測定の信頼性—

徐広孝<sup>1)</sup>・大澤啓亮<sup>2)</sup>・千葉洋平<sup>3)</sup>・小澤治夫<sup>4)</sup>

## A practical study to foster tennis analyst for junior and senior high school players

- Reliability of measurement using application-

Hirotaka Jo, Keisuke Osawa, Yohei Chiba, Haruo Ozawa

### Abstract

In order to train excellent sport analysts, it is a need to have experiences of sport analytics from the junior period. In this research, we examined the reliability of the measurement when a performance measurement application was used for junior high / high school tennis players ( $n = 6$ ). The game was recorded by a fixed camera from the position of 10 meters behind the court and 4 meters high. The inter-rater reliability between the evaluator by the coach of the tennis club who has 5 years instruction experience and the tennis player of the tennis competition history for 10 years was confirmed. Using the data of tennis coach as the criterion of reliability, we confirmed the reliability of the performance data measured by the players themselves. In this method, coordinate data used Pearson's product moment correlation coefficient and student non-paired t test, and category data used coincidence rate and Kappa coefficient. As a result, high reliability was confirmed for both coordinate data and category data. However, it became clear that the low reliability showed with Y-coordinate than X-coordinate, hit point than placement, and hit height than shot or spin.

### I.背景

テニスのパフォーマンス分析では、ビデオやコンピュータが普及して以来、それらをツールとして使用し、観察者がスコアやショットの種別、イン、アウト、フォルトの判定等を測定する方法が広く使われるように

なった<sup>1)</sup>。テニス以外の種目でも同様の傾向がある。例えばサッカーでは、ビデオで撮影された試合を再生してパフォーマンスを測定する方法<sup>2)</sup>や、ビデオ撮影者1名、ゲーム展開(場所、プレイヤー、プレイの結果)を口頭で言う者1名、コンピュータに入力する者1名

<sup>1)</sup> 筑波大学附属駒場中・高等学校  
〒154-0001 東京都世田谷区池尻4-7-1

<sup>2)</sup> 日本スポーツ振興センター  
〒107-0061 東京都港区北青山2-8-35

<sup>3)</sup> 日本スポーツアナリスト協会

<sup>4)</sup> 静岡産業大学経営学部  
〒438-0043 静岡県磐田市大原1572-1

<sup>1)</sup> *Junior & Senior High School at Komaba, University of Tsukuba*

4-7-1, Ikejiri, Setagaya-ku, Tokyo

<sup>2)</sup> *Japan Sport Council*

2-8-35, Kitaaooyama, Minato-ku, Tokyo

<sup>3)</sup> *Japan Sports Analyst Association*

<sup>4)</sup> *School of Management, Shizuoka Sangyo University*  
1572-1, Owara, Iwata-shi, Shizuoka

の計3名で役割を分担し、試合中にリアルタイムでデータを取得する方法などが考案された<sup>3)</sup>。ビデオとコンピュータを使用した解析の重要性は当時から指摘されているが<sup>4)5)</sup>、人間の判断が仲介する場合は、誤差の混入を避けることはできない。鈴木は、試合分析では分析者の主観性および恣意性を排除することはできないと述べており<sup>6)</sup>、Franksもまた、コーチのゲーム観察の正確性は3割程度であるとしている<sup>7)</sup>。これらのことから、より信頼性のある測定値を追求する必要性があると考えられる。

より早く、より正確にパフォーマンスを測定するために、最新テクノロジーの挑戦が続いている。近年、ハードウェアとソフトウェアの進化によって、これまでに測定できなかった項目を自動で測定することができるようになった。ATP (Association of Tennis Professionals: 男子プロテニス協会) とWTA (Women's Tennis Association: 女子プロテニス協会) では、2006年にHawk-eye Innovations社のHawk-eye (ホーク・アイ) と呼ばれる審判補助システムを導入した。コート周囲に設置された10台のハイスピードカメラ (340fps) によって、リアルタイムにボールと選手の位置情報を平均2.6mm以下の誤差で取得し、チャレンジシステムや試合分析に利用されている。WTAでは、2013年からSAP社のタブレット端末とクラウドシステムを使用し、グランドスラムを除く大会において、パフォーマンスデータを活用したコーチングを各セットにつき1度行っている。また、Sony社のスマートテニスセンサーは、ラケットに装着することでインパクトやスピンなどのスウィング情報の取得を可能にしている。このように、パフォーマンス測定は、ビデオ再生やコンピュータへの入力といった手作業を経て、現在は自動測定の時代に突入したといえる。今までにないデータの測定が可能になれば、分析の幅も大きく広がることになる。そこで必要とされる人材が、スポーツ・アナリストである。プロのスポーツチームや、ナショナルチームには専門的分析スタッフが常駐しているものの、今後、スポーツ・アナリスト

の需要は拡大し、優秀な人材が選手の競技成績に与える影響がますます大きくなると予測されている。

スポーツデータを分析するためには、専門的な知識と経験が必要であり、ジュニア期 (中高生) からスポーツデータと向き合う機会を与えることが望ましい。しかし、上述した最新テクノロジーは、パフォーマンス測定の時時性や信頼性に優れているものの、測定機材の規模の大きさや、専門スタッフの必要性、金銭的成本などの理由から、中学、高校の教育現場やジュニアスポーツの現場に導入することは困難である。すなわち、自動測定時代に突入したとしても、プロレベルに満たない指導現場においてはすべて手作業またはコンピュータを用いた手入力によって測定しなければならない。現状では中高生が操作できる専門的なテニスのアプリケーションは存在しないことから、徐は、パフォーマンス測定の経験がない者でも操作できるテニス専用の測定アプリケーションを開発した<sup>8)</sup>。しかし、そのアプリケーションを中高生が使用した際の測定の精度は、未だ検証されていない。

## II 目的

本研究の目的は、テニスのアナリスト育成という観点から、徐<sup>8)</sup>が開発したテニス専用のパフォーマンス測定アプリケーションを実際に中高生に操作させ、その測定の精度を検証することであった。

## III 方法

### 1 対象

東京都内の国立大学附属T中・高等学校の男子テニス部員6名 (中学生4名、高校生2名) を対象とした。テニス経験月数は、長い者から順に、60、54、39、36、27、18であった。

### 2 倫理的配慮

本研究は、筑波大学附属学校教育局研究倫理委員会の承認を得て行われた (研究課題番号: 附30-3)。本研究の目的、方法、個人情報扱い方などの説明を口頭と文書によって説明し、本人およびその保護者が研究参加に

同意した者を本研究の対象者とした。

### 3 試合の実施と撮影

対象者は全員、硬式テニス部の部員であり、部内のランキングを持っている。部内ランキングが近い者同士、すなわち実力が近い者同士で対戦するように組み合わせを作り、試合を行った。試合は東京都中学校体育連盟のルールに従って1セットマッチとし、主審と副審をつけた状態で行った。コートサーフェスはハード (Decoturf)、試合球はHead Proのニューボールを用いた。コート後方10m、高さ4mの位置にビデオカメラ (Canon XA30) を固定し、コート全体が映るように撮影をした (図1)。動画のフレームレートは30fps、解像度はFull HD (1980px×1080px) とした。試合の実施期間は、2018年7月30日から8月9日であった。

### 4 パフォーマンスデータの測定

徐<sup>8)</sup>が開発したテニスのパフォーマンス測定アプリケーション (以下、アプリケーション) の概要は次の通りである。アプリケーションはムービープレイヤー、スカウティングインターフェース、データセットで構成され、すべてを同一ウィンドウに配置している (図2)。ムービープレイヤーは、試合映像を再生するためのユーザーコントロールであり、再生できる動画ファイルは、mp4、mpeg、avi、dvとした。スカウティングインターフェースは、テニスコート上 (これをスカウティングコートと呼ぶ) をマウスでクリックすることで打点やプレースメントの座標を取得することができ、ショットやスピンの種別は、クリック後にリスト (これをスカウティングリストと呼ぶ) を表示させ、マウスで選択する方式を採用している。データセットは、ユーザーがマウスで入力したデータがリアルタイムに表示され、修正することができる。

対象者はアプリケーションを初めて使用するため、操作方法を指導する講習会を行う必要があった。3時間の講習会を開いて対象者に操作方法を学習させた。講習会において、アプリケーションにおける致命的なバグや、

操作方法についての大きな問題はなかった。その後、対象者がアプリケーションを使用して自分の試合のパフォーマンスデータを測定した。測定中は、操作方法の質問は受け付けなかったが、本人に代わって操作しないこととした。1セットの測定が終了したら、パフォーマンスデータをCSVファイルに出力した。

### 5 測定の信頼性分析

中高生がアプリケーションを使用してパフォーマンスデータを測定した場合の信頼性を分析するためには、信頼性の基準となる同一試合の別人による測定が必要である。本研究では、テニス指導歴5年の顧問教員とテニス競技歴10年のテニス選手の測定を信頼性の基準とした。顧問教員は、週に2日以上コートで指導し、都大会、関東大会への出場を果たしている。指導経験から判断して、テニスのパフォーマンスを客観的に見ることができると考えられる。テニス競技歴10年のテニス選手は現在、テニスの研究に関する職に勤めながら社会人大会に出場しており、長い競技歴と学術的知識および経験を有していることから、パフォーマンスデータの測定を正確に行えると判断した。

まず、顧問教員とテニス選手の評価者間信頼性を確認した。測定対象の試合は2試合とし、測定されたショット数は265であった。次に顧問教員を評価者とし、対戦相手をそれぞれ異なる選手群に割りふり、選手群Aと選手群B、選手群Aと評価者、選手群Bと評価者の信頼性を確認した (図3)。信頼性を確認する方法は、「打点」と「プレースメント」 (落下点) の座標データについてはピアソンの積率相関係数と両者の測定値の差におけるt検定 (対応なし) とし、「ショット」、「打点高」、「スピン」の名義データについては、一致率とカッパ係数を求めた。「ショット」は1stサーブ、2ndサーブ、ストローク、スライス、ボレー、ドライブボレー、スマッシュ、ロビング、ブロックリターンの10水準、「打点高」は頭上、肩、腰、膝下の4水準、「スピン」はトップスピン、フラット、バックスピンの3水準から構成される。カッパ係数はLandis

and Koch<sup>9)</sup>の基準によって判断し、0.81以上をほぼ完全または完全一致 (almost perfect or perfect agreement)、0.61 ~ 0.80をかなりの一致 (substantial agreement)、0.41 ~ 0.60を中程度の一致 (moderate agreement)、0.21 ~ 0.40をまずまずの一致 (fair agreement)、0.21未満をわずかに一致 (slight agreement) とした。統計処理はMicrosoftのRTVS (R Tools for Visual Studio) 2017を用い、有意水準は5%未満とした。

## IV 結果

### 1 評価者間信頼性

顧問教員とテニス選手が同一試合を別々に測定したパフォーマンスデータから、打点、プレースメント、ショット、打点高、スピンの5項目について評価者間信頼性を検討した。「打点」のX座標、Y座標、「プレースメント」のX座標、Y座標のいずれもピアソンの積率相関係数が0.99以上を示した ( $p<0.05$ )。両評価者が測定した座標間の差 (距離) の平均値は、打点X座標が $4.18 \pm 33.19\text{cm}$  ( $p=0.92$ )、打点Y座標が $22.41 \pm 65.65\text{cm}$  ( $p=0.99$ )、プレースメントX座標が $4.64\text{cm} \pm 34.5\text{cm}$  ( $p=0.96$ )、プレースメントY座標が $6.93\text{cm} \pm 82.8\text{cm}$  ( $p=0.91$ )であった (表1)。名義データ的一致率とカップ係数は、ショットが87.5%と0.81 ( $p<0.05$ )、打点高が74.9%と0.76 ( $p<0.05$ ) スピンが79.0%と0.76 ( $p<0.05$ )であった (表2)。

### 2 対象者の測定の信頼性

選手群Aと選手群B、選手群Aと評価者、選手群Bと評価者の3パターンで、座標データおよび名義データの信頼性を検証した。座標データの相関係数は、打点、プレースメントともにいずれの組み合わせにおいても0.88を上回った ( $p<0.05$ )。測定値の差は、打点X座標が25.9 ~ 30.5cm (標準偏差20.2 ~ 23.5cm、いずれも有意差なし)、打点Y座標が40.3 ~ 51.6cm (標準偏差44.6 ~ 58.2cm、いずれも有意差なし)、プレースメントX座標が20.2 ~ 27.7cm (標準偏差20.0 ~ 28.1cm、いずれも有意差なし)、プレースメントY座標が40.5 ~ 47.2cm (標準偏差54.0 ~ 59.2cm、いずれも有

意差なし)であった (表3)。名義データ的一致率とカップ係数はショット、打点高、スピンのいずれもすべての組み合わせにおいても0.72 ( $p<0.05$ )を上回った (表4)。

## V 考察

### 1 評価者間信頼性

座標データの相関係数は、打点とプレースメントともに0.99を超えており、極めて高い信頼性が確認された。しかし、今回のような測定では、相関関係だけでなく、両評価者の測定値に差がないかどうかまで確認する必要がある。対応のない検定の結果、打点、プレースメントともに有意差は認められず、測定値の差は打点X座標とプレースメントX座標、Y座標において7cm未満という、小さな差であることが明らかになった。打点のY座標については、測定値の差が22.4cmであり、およそボール3つ分の差であった。プレースメントはボールが地面に接している状態で動画を止めて座標を測定するが、打点はボールが地面から離れている状態での測定となる。コートの後方上の位置からの撮影 (図1) では、空中のボールがコートの奥行き (すなわちY座標) においてどの位置にあるかを視認的にとらえにくい。このことが打点Y座標の差を大きくした理由であると考えられる。標準偏差に着目すると、打点X座標とプレースメントX座標の1標準偏差が34cm程度、打点Y座標とプレースメントY座標の1標準偏差が66 ~ 83cmであった。X座標よりもY座標のほうが大きい標準偏差を示した理由は、遠近感によってコートの奥であるほど幅、奥行きともに狭くなるので、測定の誤差が大きくなってしまったためであると考えられる。

名義データについては、ショット、打点高、スピンいずれも75%程度以上的一致率と、0.76を超えるカップ係数であった。Landis and Koch<sup>9)</sup>の基準に従うと、ショットはほぼ完全一致 (almost perfect or perfect agreement)、打点高とスピンはかなりの一致 (substantial agreement)であった。3項目の中で打点高の一致率が最も低い、この理由は、打点Y座標と同様であり、コートの後方上の位置から

の撮影では、高さを正確にとらえることが困難であると考えられる。

座標データ、名義データともにコートの後方上から撮影することによる測定の誤差が見られるものの、相関係数、測定値の差、一致率、カッパ係数の値から判断して、測定者の信頼性は十分であると判断することが可能であった。

## 2 対象者の測定の信頼性

座標データの相関係数は、選手群Aと選手群B、選手群Aと評価者、選手群Bと評価者のいずれの組み合わせにおいても有意な高値を示した。しかし、選手群Aと選手群B、選手群Bと評価者において打点Y座標の相関係数が0.88であった。座標データの測定値の差については、X座標がおおよそ20～30cm、Y座標が41～52cmであり、いずれも有意差は認められなかった。1標準偏差はX座標が20～58cm、Y座標が45～59cmであった。相関係数、測定値の差、標準偏差の結果から考えると、評価者間信頼性と同様にX座標よりもY座標のほうが測定の誤差が大きく、特に打点Y座標の測定が難しいことが明らかになった。

名義データのショットとスピンは、一致率が80%を超え、カッパ係数も選手群Aと選手群Bのショット（0.75）を除いて0.8を上回った。スピンは一致率がおおよそ80%を超え、カッパ係数も0.8を上回った。このふたつの項目は、高い信頼性があると考えられる。一方、打点高については、一致率が73～75%、カッパ係数が0.72～0.76であり、かなりの一致（substantial agreement）を示しているものの、他の二項目に比べてやや信頼性が低い結果であった。

中高生のテニス選手が試合映像から専門的なパフォーマンス測定アプリケーションを使用して測定した場合、座標データ、名義データともに、測定の信頼性があると考えられた。しかし、コートの後方上からの撮影では遠近感を捉えにくく、X座標よりもY座標、プレースメントよりも打点、ショットとスピンよりも打点高の方が大きい誤差を示した。

## VI まとめ

本研究は、テニスのアナリストの需要拡大を受けて、中高生がパフォーマンス測定アプリケーションを使用した場合の測定の精度を検証することを目的として行われた。その結果として、以下の二点が明らかとなった。

1. 打点とプレースメントの座標データおよびショット、打点高、スピンの名義データともに信頼性が認められ、テニス経験のある中高生はパフォーマンス測定アプリケーションを使用した測定が可能である。
2. 項目間を比較すると、X座標よりもY座標、プレースメントよりも打点、ショット、スピンよりも打点高の信頼性がやや低下する。

本研究は、同一チーム内の6名の中高生を対象としたため、より多くの被験者で検証することが必要である。さらに、アプリケーションを継続使用して測定のトレーニングを積んだ場合に信頼性が向上するかどうか、アプリケーションの設計を、信頼性がより向上するように改善することなども今後の課題としてあげられる。

## 謝辞

本研究は科学研究費補助金18H00522の助成を受けて行われた。

## 参考文献

- 1) 道上静香. テニス選手の映像技術サポート, 体育の科学, vol.67, no.6, pp.379-384, 2017
- 2) 田中和久. サッカー競技におけるスタイルの研究 最終ディフェンスラインの突破方法, サッカー医・科学研究, vol.5, pp.49-56, 1984
- 3) 内山秀一, 今川正浩, 西野仁, 宇野勝. コンピュータを導入したサッカーのゲーム分析法, サッカー医・科学研究, vol.9, pp.109-117, 1989
- 4) Erdmann, W. S. Quantification of games -preliminary kinematic investigations in soccer-, Science and football II (eds. T., Reilly, J., Clarys, and A., Stibbe), E &



- FNSPON, London, 1991, pp.174-179
- 5) Hughes, M. D., Notation analysis in football, Science and Football II (eds. T., Reilly, J., Clarys and A., Stibbe), E & FNSPON, London, 1993, pp.151-159
- 6) 鈴木宏哉, 西嶋尚彦. サッカーゲームにおける攻撃技能の因果構造, 体育学研究, vol.47, pp.547-567, 2002
- 7) Flanks, I. M. and Miller, G. Eye witness testimony in sport. Journal of Sports Behavior, vol.9, pp.38-45, 1986
- 8) 徐広孝, 大澤啓亮, 小澤治夫. 中・高等学校のテニスにおけるパフォーマンス測定アプリケーションの開発, スポーツと人間 (静岡産業大学論集), Vol.2, No.2, pp23-33, 2017
- 9) Landis, J. R. and Koch, G. G. (1977) The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics, 33 (1): 159-174

## 和文要旨

優秀なスポーツ・アナリストを育成するためには、ジュニア期のうちからスポーツ・アナリティクスの経験を積む必要がある。本研究は、中高生のテニスの選手 (n=6) を対象にして、専門的なパフォーマンス測定アプリケーションを使用した場合の測定の信頼性を検討した。試合はコート後方10m、高さ4mの位置から固定カメラで撮影した。信頼性の基準は、テニスの指導歴5年の硬式テニス部顧問教員とテニス競技歴10年のテニス選手による評価者間信頼性を確認した。顧問教員を信頼性の基準とし、選手が自分で測定したパフォーマンスデータとの信頼性を確認した。その方法は、座標データはピアソンの積率相関係数と対応のないt検定を用い、名義データは一致率とカッパ係数を用いた。その結

果、座標データ、名義データともに高い信頼性が確認された。しかし、X座標よりもY座標、プレースメントよりも打点、ショット、スピンよりも打点高の信頼性がやや低下することが明らかになった。

表2 名義データにおける評価者間信頼性

|      | 度数  | 一致率 (%) | カッパ係数 | z値   | p値   |
|------|-----|---------|-------|------|------|
| ショット | 265 | 87.5    | 0.81  | 22.5 | 0.00 |
| 打点高  | 171 | 74.9    | 0.76  | 20.2 | 0.00 |
| スピン  | 171 | 79.0    | 0.76  | 17.9 | 0.00 |

表4 選手群A、選手群B、評価者における名義データの信頼性

| 選手群Aと選手群B |     |         |       |      |      |
|-----------|-----|---------|-------|------|------|
|           | 度数  | 一致率 (%) | カッパ係数 | z値   | p値   |
| ショット      | 299 | 82.3    | 0.75  | 24.9 | 0.00 |
| 打点高       | 167 | 73.1    | 0.72  | 20.9 | 0.00 |
| スピン       | 175 | 81.1    | 0.82  | 20.4 | 0.00 |
| 選手群Aと評価者  |     |         |       |      |      |
|           | 度数  | 一致率 (%) | カッパ係数 | z値   | p値   |
| ショット      | 299 | 88.3    | 0.84  | 28.0 | 0.00 |
| 打点高       | 167 | 73.4    | 0.76  | 22.4 | 0.00 |
| スピン       | 175 | 79.4    | 0.81  | 20.6 | 0.00 |
| 選手B群と評価者  |     |         |       |      |      |
|           | 度数  | 一致率 (%) | カッパ係数 | z値   | p値   |
| ショット      | 299 | 85.6    | 0.80  | 27.5 | 0.00 |
| 打点高       | 167 | 75.4    | 0.75  | 21.5 | 0.00 |
| スピン       | 175 | 83.9    | 0.84  | 20.4 | 0.00 |

表1 座標データにおける評価者間信頼性

|         |     | 度数  | 測定値の相関 |       |     |      | 測定値の差    |       |        |       |       |        |      |
|---------|-----|-----|--------|-------|-----|------|----------|-------|--------|-------|-------|--------|------|
|         |     |     | 相関係数   | t値    | 自由度 | P値   | 平均値 (cm) | 標準偏差  | 最大値    | 最小値   | t値    | 自由度    | p値   |
| 打点      | X座標 | 265 | 0.99   | 111.8 | 263 | 0.00 | 4.18     | 33.19 | 73.81  | -6.27 | -0.10 | 527.99 | 0.92 |
|         | Y座標 | 265 | 1.00   | 293.7 | 263 | 0.00 | 22.41    | 65.65 | 291.06 | 4.73  | -0.01 | 527.76 | 0.99 |
| プレースメント | X座標 | 260 | 0.99   | 110.3 | 258 | 0.00 | 4.64     | 34.50 | 277.74 | 2.41  | -0.06 | 518.00 | 0.96 |
|         | Y座標 | 260 | 0.99   | 123.4 | 258 | 0.00 | 6.93     | 82.80 | 284.90 | -6.65 | -0.11 | 519.00 | 0.91 |

表3 選手群A、選手群B、評価者における座標データの信頼性

| 選手群Aと選手群B |     |     |        |      |     |      |          |      |       |     |       |        |
|-----------|-----|-----|--------|------|-----|------|----------|------|-------|-----|-------|--------|
|           |     | 度数  | 測定値の相関 |      |     |      | 測定値の差    |      |       |     |       |        |
|           |     |     | 相関係数   | t値   | 自由度 | P値   | 平均値 (cm) | 標準偏差 | 最大値   | 最小値 | t値    | p値     |
| 打点        | X座標 | 297 | 0.97   | 75.8 | 300 | 0.00 | 30.5     | 23.5 | 122.3 | 0.0 | -0.06 | 591.94 |
|           | Y座標 | 297 | 0.88   | 31.6 | 300 | 0.00 | 46.7     | 50.0 | 311.9 | 0.0 | -0.90 | 592.00 |
| プレースメント   | X座標 | 295 | 0.96   | 62.7 | 300 | 0.00 | 27.7     | 28.1 | 285.4 | 0.0 | 0.06  | 587.90 |
|           | Y座標 | 295 | 0.97   | 72.9 | 300 | 0.00 | 47.2     | 59.2 | 330.9 | 0.0 | 0.13  | 587.95 |

| 選手群Aと評価者 |     |     |        |       |     |      |          |      |       |     |       |        |
|----------|-----|-----|--------|-------|-----|------|----------|------|-------|-----|-------|--------|
|          |     | 度数  | 測定値の相関 |       |     |      | 測定値の差    |      |       |     |       |        |
|          |     |     | 相関係数   | t値    | 自由度 | P値   | 平均値 (cm) | 標準偏差 | 最大値   | 最小値 | t値    | p値     |
| 打点       | X座標 | 297 | 0.99   | 119.6 | 300 | 0.00 | 27.1     | 20.9 | 105.6 | 0.0 | 0.00  | 591.76 |
|          | Y座標 | 297 | 0.97   | 67.5  | 300 | 0.00 | 40.3     | 44.6 | 253.3 | 0.0 | 0.98  | 588.17 |
| プレースメント  | X座標 | 295 | 0.99   | 153.4 | 300 | 0.00 | 20.2     | 20.0 | 180.8 | 0.0 | -0.06 | 587.69 |
|          | Y座標 | 295 | 0.99   | 104.2 | 300 | 0.00 | 40.5     | 54.0 | 344.3 | 0.0 | 0.34  | 587.96 |

| 選手B群と評価者 |     |     |        |      |     |      |          |      |       |     |      |        |
|----------|-----|-----|--------|------|-----|------|----------|------|-------|-----|------|--------|
|          |     | 度数  | 測定値の相関 |      |     |      | 測定値の差    |      |       |     |      |        |
|          |     |     | 相関係数   | t値   | 自由度 | P値   | 平均値 (cm) | 標準偏差 | 最大値   | 最小値 | t値   | p値     |
| 打点       | X座標 | 297 | 0.98   | 78.6 | 300 | 0.00 | 25.9     | 20.2 | 94.8  | 0.2 | 0.00 | 591.76 |
|          | Y座標 | 297 | 0.88   | 31.1 | 300 | 0.00 | 51.6     | 58.2 | 348.4 | 0.3 | 0.98 | 588.17 |
| プレースメント  | X座標 | 295 | 0.98   | 81.0 | 300 | 0.00 | 23.7     | 25.3 | 266.3 | 0.0 | 0.13 | 587.95 |
|          | Y座標 | 295 | 0.97   | 64.5 | 300 | 0.00 | 43.9     | 57.2 | 341.9 | 0.0 | 0.44 | 588.00 |



図1 ビデオカメラの設置位置（左）と試合映像のスクリーンショット（右）

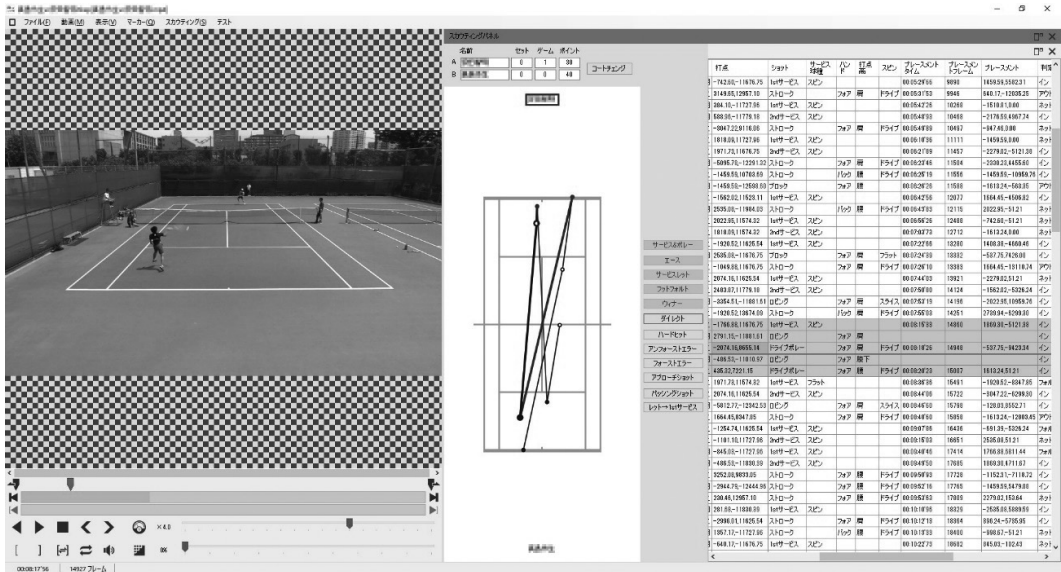


図2 アプリケーションのウィンドウ画面. ムービープレイヤー (左), スカウティングインターフェース (中央), データセット (右) から構成される (徐<sup>8)</sup> より引用).

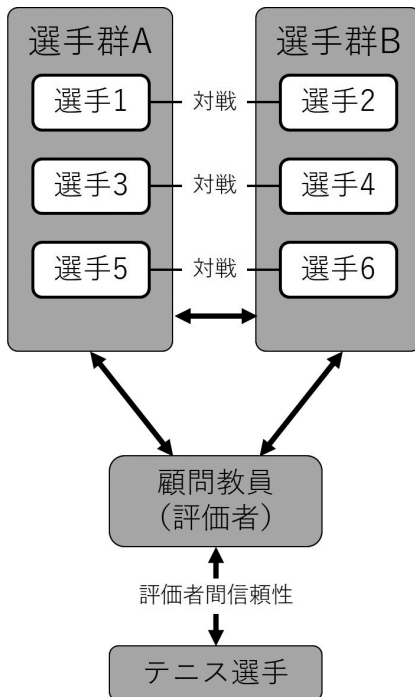


図3 信頼性の検証モデル